

Bienl

UP

2000-08-09

TI

Method of testing and calibrating a mass flow meter e.g. in flow-line of IC-engine has gas stream through final control element varied so that mass flow in flow channel changes from an initial value to a final value without regulation of mass flow

PN

DE19857329-A1

THIS PAGE BLANK (USPTO)



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 57 329 A 1**

⑤ Int. Cl.⁷:
G 01 F 25/00

⑳ Aktenzeichen: 198 57 329.4
㉔ Anmeldetag: 11. 12. 1998
㉕ Offenlegungstag: 21. 6. 2000

DE 198 57 329 A 1

⑦① Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:
Wildgen, Andreas, Dr., 93152 Nittendorf, DE;
Setescak, Stephen, 93051 Regensburg, DE

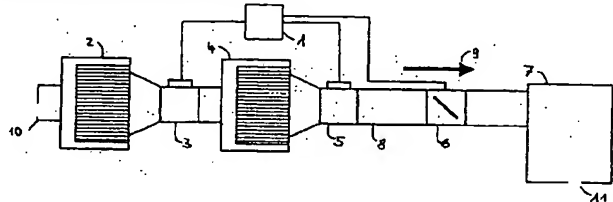
⑤⑤ Entgegenhaltungen:
DE 196 47 350 A1
DE 296 22 602 U1
DE 69 029 02 3T2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Fließbank und Verfahren zum Prüfen und Kalibrieren eines Massenstrommessers

⑤⑦ Beim Prüfen eines Massenstrommessers (3) in einer Fließbank wird der erforderliche Massenstrombereich ohne Stop durchfahren. Zugleich werden die Meßwerte vom Prüfling (3) und einem strömungstechnisch in Reihe geschalteten Referenz-Massenstrommesser (5) aufgenommen. Aus den so gewonnenen Wertepaaren kann für den Abgleich eines unkalibrierten Massenstrommessers eine Kennlinie (15) mit frei wählbarer Anzahl und Lage von Stützstellen (16) gewonnen werden.



DE 198 57 329 A 1

Die Erfindung betrifft eine Fließbank bzw. Verfahren zum Prüfen und Kalibrieren eines Massenstrommessers gemäß den Oberbegriffen der Ansprüche 12 bzw. 1 und 10.

Beim Einsatz eines Massenstrommessers, der die Menge eines strömenden Gases, z. B. von Luft, genau bestimmt, wird eine Kennlinie zum Umwandeln der Meßsignale in Massenströme verwendet. Diese Kennlinie wird aus einer vorgegebenen Anzahl von Kennlinienpunkten erzeugt, die an vorgegebenen Stützstellen liegen. Bei der Produktion wird in einem Kalibriervorgang jeder Massenstrommesser an den Stützstellen abgeglichen, so daß er an diesen Stützstellen die Werte der vorgegebenen Kennlinie aufweist.

Um zur Kalibrierung unkalibrierte Massenstrommesser zu prüfen, werden Fließbänke benötigt. In solchen Fließbänken wird ein bestimmter Massenstrom erzeugt und durch den Massenstrommesser geleitet. Die Massenstrommesser, wie sie beispielsweise als Luftmassenmesser in Brennkraftmaschinen eingesetzt werden, werden dann abgeglichen bzw. nach einem Abgleich die Qualitätssicherung durchgeführt.

Dahei können bei den Fließbänken folgende Prinzipien zum Einsatz kommen: Im Strömungskanal der Fließbank, in dem sich der zu prüfende Massenstrommesser befindet, wird mittels kritischer Düsen oder Blenden ein bestimmter Massenstrom erzeugt. Dieser Massenstrom ist zwar sehr genau durch die Blendenwahl eingestellt, hängt jedoch zum einen vom Umgebungsluftdruck ab, und kann darüber hinaus nur erschwert variiert werden. Mit solchen Fließbänken werden Massenstrommesser deshalb üblicherweise nur an einem Meßpunkt, d. h. mit einem bestimmten Massenstrom überprüft.

Bei einem anderen Fließbanktyp befindet sich im Strömungskanal strömungstechnisch in Reihe mit dem zu prüfenden Massenstrommesser ein Referenz-Massenstrommesser, und der Massenstrom wird mittels eines Flußreglers geregelt. Dabei werden einige wenige, z. B. drei, vorgegebene Massenstromwerte eingeregelt. Vor Aufnahme eines Meßwertes muß jedoch gewartet werden, bis dieser Massenstromwert sich stabilisiert hat. Da Ungenauigkeiten bzw. Schwankungen dieses Massenstromwertes sich in der Abgleichgenauigkeit wiederfinden, sind für die Massenstrom-einstellung Ventile bzw. sogenannte Flow-Controller hoher Güte erforderlich. Mit solchen Fließbänken erkaufte man sich den Vorteil, einen größeren Bereich des zu prüfenden Massenstrommessers abdecken zu können, mit dem Nachteil, daß die gesamte Messung relativ zeitaufwendig ist.

Darüber hinaus kann keine der beschriebenen Fließbänke Informationen über das Verhalten des Massenstrommessers zwischen den Meßpunkten bzw. absichts der Meßpunkte oder des Meßpunktes liefern. Dies ist nachteilig, da die Genauigkeit, mit der ein Massenstrommesser hinsichtlich der erforderlichen Kennlinie überprüft bzw. auf eine vorgegebene Kennlinie abgeglichen werden kann, somit stark eingeschränkt ist. Der Abgleich erfolgt nur an wenigen Stützstellen, so daß dazwischen die Ungenauigkeit des Massenstrommessers eine vorgegebene Grenze überschreiten kann. Dann kann es zu erhöhter Ausschußproduktion kommen, die bei Abgleich des Massenstrommessers an mehreren Stützstellen nicht entstanden wäre.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, die Herstellung eines Massenstrommessers zu verbessern, dabei die Genauigkeit des Abgleichs zu steigern, und zu beschleunigen.

Diese Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen 1 und 10 und 12 gekennzeichnete Erfindung gelöst.

Erfindungsgemäß wird zum Überprüfen eines unkalibrierten Massenstrommessers auf einer Fließbank der gesamte Massenstrombereich in einer Rampe durchfahren, ohne dabei anzuhalten. Dabei findet die Datenerfassung instationär statt, d. h. während sich der Massenstrom ändert.

Ein Referenz-Massenstrommesser erfaßt den durch den zu prüfenden Massenstrommesser (Prüfling) strömenden Massenstrom, wobei es besonders vorteilhaft ist, wenn der Referenz-Massenstrommesser dieselben instationären Eigenschaften wie der Prüfling besitzt. Die rampenartige Änderung des Massenstroms wird von einem Stellglied bewirkt, das nicht geregelt, sondern lediglich angesteuert wird. Da der Massenstrom über den Meßverlauf kontinuierlich steigt, spielt ein mechanisches Spiel am oder im Stellglied keine Rolle, da es durch den stetigen Öffnungsvorgang ständig an einem Ende des Spielbereichs ist. Vorteilhafterweise wird dabei das Stellglied, das eine Drosselklappe einer Brennkraftmaschine sein kann, stetig geöffnet, da sich dann stabilere Strömungsverhältnisse einstellen. Da das Volumen zwischen Referenz-Massenstrommesser und Prüfling einen Zeitversatz bzw. ein verzögert folgendes Signal des Prüflings gegenüber dem des Referenz-Massenstrommessers bewirkt und bei schneller Referenz-Massenstromänderung wie eine Feder wirken kann, sollte es möglichst gering sein. Dann ist gewährleistet, daß die Referenzwerte des Referenz-Massenstrommessers und die Meßwerte des Prüflings beim selben Massenstromwert aufgenommen werden. Aus diesem Grund sollte auch ein Druckverlust am Prüfling bzw. an einem ihm vorgeschalteten Strömungselement minimiert sein.

Da die Auflösung üblicher Massenstrommesser im unteren Massenstrombereich größer ist als bei höheren Massenströmen, erfolgt die rampenartige Änderung des Massenstrombereiches vorteilhafterweise exponentiell steigend.

Eine vorteilhafte Ausbildung des Verfahrens liegt darin, daß eine Kennlinie des Massenstrommessers anhand der erfaßten Daten berechnet wird. Für eine solche Kennlinie sind üblicherweise gewisse Stützstellen bzw. zu messende Massenstromwerte vorgegeben. Mit Hilfe der bekannten Kennlinie für den Referenz-Massenstrommesser können die Meßwerte des zu prüfenden Massenstrommessers Massenstromwerten zugeordnet werden. Vor einer geeigneten Kurvenanpassung zur Ermittlung der Kennlinie, werden vorteilhafterweise die so erhaltenen Meßwert/Massenstromwert-Paare in einen Satz neuer Meßwert/Massenstromwert-Paare umgewandelt, die auf der Skala der Meßwerte gleichverteilt sind. Die Kurvenanpassung erfolgt dann in einem Intervall um jede Stützstelle herum mit einem Polynom gerader Ordnung, wobei die Intervallbreite stützstellenabhängig gewählt werden kann. Die Größe des Intervalls für die Kurvenanpassung, aus der dann ein Kennlinienpunkt errechnet wird, ist ausschlaggebend für die Genauigkeit des Verfahrens. Falls das Intervall zu schmal bzw. zu klein gewählt wird, wirkt sich das Signalrauschen auf die Genauigkeit der Messung aus. Wird das Intervall zu breit bzw. zu groß gewählt, stimmt die Kurvenanpassung nicht mit dem tatsächlichen Verlauf der Kennlinie des Prüflings überein, wodurch ein Fehler entsteht.

Das erfindungsgemäße Verfahren mit der erfindungsgemäßen Fließbank hat den Vorteil, daß die Messung sehr schnell erfolgt. Durch geeignete Nachbearbeitung der aufgenommenen Meßwerte kann ein gewünschter Satz an Kennlinienpunkten ermittelt werden. Dabei ist die Wahl dieser Punkte nicht wie beim Stand der Technik durch das Meßverfahren fest vorgegeben. Auch ist ihre Zahl nicht eingeschränkt bzw. wirkt sich nicht auf die Meßzeit aus. Dies ist besonders vorteilhaft, da damit nicht mehr wenige Stützstellen zur Charakterisierung eines Massenstrommessers verwendet werden müssen, sondern mehrere Stützstellen

oder sogar kontinuierlich hinterlegte Kennlinien zum Abgleich des Massenstrommessers verwendet werden können, ohne unzumutbaren Aufwand beim Prüfen des Massenstrommessers treiben zu müssen. Dadurch entsteht weniger Ausschuß.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Erfindung wird nachfolgend in einem Ausführungsbeispiel unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Die Zeichnung zeigt:

Fig. 1 eine beispielhafte Kennlinie eines Massenstrommessers und

Fig. 2 ein Blockschaltbild einer Fließbank.

Die erfindungsgemäße Fließbank bzw. das erfindungsgemäße Verfahren dient dazu, einen Massenstrommesser, beispielsweise einen Luftmassenmesser für eine Brennkraftmaschine, zu überprüfen bzw. zu kalibrieren. Dabei soll eine Kennlinie für einen zu überprüfenden Luftmassenmesser ermittelt werden, und ein Abgleich des Luftmassenmessers auf eine vorgegebene Kennlinie erfolgen, so der Luftmassenmesser abgleichbar ist.

Eine solche Kennlinie für einen Luftmassenmesser ist in Fig. 1 mit 15 bezeichnet. Üblicherweise wird beim Abgleich eines Massenstrommessers in der Herstellung jedoch nicht die gesamte Kennlinie hinterlegt, sondern nur Kennlinienpunkte an vorgegebenen Stützstellen 16. Diese Stützstellen 16 sind üblicherweise durch Vorgabe eines Massenstroms definiert. Für zwischen oder abseits der Stützstellen 16 liegende Meßwerte, die in einen Massenstrom umgewandelt werden müssen, wird eine geeignete Kurve durch die Stützstellen gelegt.

Beim Abgleich wird der Massenstrommesser so verändert, z. B. durch Trimmen von Widerständen, daß seine Kennlinie der vorgegebenen Kennlinie möglichst exakt gleicht.

Die in Fig. 1 gezeigten Stützstellen 16 sind, sowohl was die Anzahl als auch was die Lage her angeht, beispielhaft.

Die in Fig. 2 als Blockschaltbild dargestellte Fließbank dient zum Prüfen des Massenstrommessers, um die Kennlinie des unkalibrierten Massenstrommessers zu bestimmen. Die Fließbank weist einen Strömungskanal 8 mit Einlaß 10 und am anderen Ende des Strömungskanals eine Pumpe 7 mit Auslaß 11 auf. In den Strömungskanal 8 ist stromauf der Pumpe 7 eine Drosselklappe 6 geschaltet, die von einem Steuergerät 1 angesteuert wird. Sie stellt ein Stellglied dar, das den von der Pumpe 7 durch den Strömungskanal 8 gesaugten Massenstrom einstellt. Stromauf der Drosselklappe 6 befindet sich im Strömungskanal 8 ein Referenz-Massenstrommesser 5, dem zur Strömungsvergleichmäßigung ein Filter 4 vorgeschaltet ist. Der Signalausgang des Massenstrommessers 5 ist mit dem Steuergerät 1 verbunden. Stromauf des Referenz-Massenstrommessers 5 und des Filters 4 befindet sich der Prüfling 3, der ein zu prüfender Massenstrommesser ist. Dem Prüfling 3 ist wiederum ein Filter 2 zur Strömungskonditionierung vorgeschaltet, in das die Luft durch den Einlaß 10 einströmt. Der Prüfling 3 liefert seine Meßwerte über nicht näher bezeichnete Leitungen ebenfalls an das Steuergerät 1.

Zum Prüfen eines Prüflings 3 steuert das Steuergerät 1 die Drosselklappe 6 so an, daß der gesamte Massenstrombereich ohne zu stoppen durchfahren wird. Zugleich erfaßt das Steuergerät 1 die Referenzwerte des Referenz-Massenstrommessers 5 und die Meßwerte des Prüflings 3. Eine Regelung des Massenstroms über die Drosselklappe 6 erfolgt nicht, da sonst die Änderung des Massenstroms nicht reproduzierbar ausreichend wäre. Weil auf die Regelung verzichtet wird, spielt eventuelles mechanisches Spiel in der Drosselklappe 6 bzw. in deren Antrieb (nicht dargestellt) nur eine

untergeordnete Rolle, da sich die Drosselklappe immer in einer Endstellung des Spieles befindet. Würde dagegen die Drosselklappe 6 geregelt, würde das Spiel zu unkontrollierten Schwingungen des Massenstroms im Strömungskanal 8 führen. Der Massenstrom wird von unten nach oben in Art einer Rampe durchfahren. Vorzugsweise ändert er sich dabei exponentiell steigend, da, wie Fig. 1 zeigt, die Auflösung eines Luftmassenmessers im unteren Massenstrombereich höher ist. Im oberen Massenstrombereich flacht die Kennlinie 15 ab, so daß sie dort schneller durchfahren werden kann. Dadurch wird beim Überprüfen eines Massenstrommessers Zeit gespart.

Da das Volumen des Strömungskanals 8 zwischen Prüfling 3 und Referenz-Massenstrommesser 5 ein Hinterherhinken der Meßwerte des Prüflings 3 gegenüber den Referenzwerten des Referenz-Massenstrommessers 5 zur Folge hat, muß bei der Konstruktion der Fließbank darauf geachtet werden, dieses Volumen möglichst gering zu gestalten. Das gleiche gilt für den Druckverlust von Prüfling 3 und ihm zugeordneten Filter 2. Dieser Druckverlust kann nämlich zusammen mit dem Volumen zwischen Prüfling 3 und Referenz-Massenstrommesser 5 wie eine Druckfeder wirken. Sind dagegen Volumen und Druckverlust minimiert, wird erreicht, daß die Meßwerte des Prüflings 3 denselben Massenstromwert durch den Strömungskanal 8 wiedergeben wie die Referenzwerte des Referenz-Massenstrommessers 5.

Das Steuergerät 1 tastet die Meßwerte und die Referenzwerte ab und ordnet jeden Meßwert des Prüflings 3 mittels der bekannten Kennlinie des Referenz-Massenstrommessers 5 einem Massenstromwert zu. Die Kennlinie des Prüflings 3 wird somit als Satz von Meßwert/Massenstromwert-Paaren erhalten. Um daraus die an vorgegebenen Kennlinienpunkten hinterlegte Kennlinie zu gewinnen, wird wie folgt vorgegangen:

Zuerst werden die Meßwert/Massenstromwert-Paare in einen Satz neuer Paare umgewandelt, die auf der Skala der Meßwerte gleichverteilt sind. Dazu wird ggf. geeignet interpoliert, gemittelt oder extrapoliert. Letzteres kann nötig werden, wenn zum Aufnehmen einer Kennlinie nicht der gesamte Massenstrombereich, der mit dem Prüfling 3 erfaßt werden könnte, abgefahren wird. Beispielsweise werden bei einem Meßwertbereich zwischen 0 und 5 V fünftausend gleichverteilte Paare erzeugt, deren Meßwerte im 1 mV-Abstand liegen.

Um jede Stützstelle herum, die durch den jeweiligen Massenstrom definiert sein kann (alternativ natürlich auch durch Meßwerte), wird ein Intervall gelegt, in dem eine Kurvenanpassung durchgeführt wird. Für diese Kurvenanpassung werden nur die im Intervall liegenden Meßwert/Massenstromwert-Paare verwendet. Alle anderen werden verworfen. Durch dieses Vorgehen kann die Rechenzeit minimiert werden, da nur diejenigen Paare zur Kurvenanpassung verwendet werden, die in der Umgebung einer Stützstelle liegen. Die Breite des Intervalls wird dabei stützstellenabhängig gewählt. Dadurch kann berücksichtigt werden, daß die Kennlinie je nach Lage der Stützstelle unterschiedlich steil verläuft. Das Intervall kann z. B. durch folgende Gleichung ermittelt werden

$$\text{Intervall} = \frac{\pm 1}{M} \cdot 20 \cdot \log_{10} m,$$

wobei m der Massenstrom an der Stützstelle und M der zugehörige Meßwert ist. Ist direkt an der Stützstelle kein Meßwert/Massenstromwert-Paar vorhanden, wird zwischen zwei Paaren geeignet interpoliert. Wie sich aus obiger Gleichung ergibt, liegt das Intervall nicht symmetrisch um die Stützstelle, was seine Ursache im annähernd exponentialen

Kennlinienverlauf hat. Innerhalb dieses Intervalls wird nun eine Kurvenanpassung mit einem Polynom gerader Ordnung durchgeführt. Aus dieser Kurvenanpassung wird dann der zur vorgegebenen Massenstromstützstelle gehörige Meßwert bestimmt. Durch dieses Paar ist der Kennlinienpunkt definiert.

Mit diesem Verfahren kann aus den aufgenommenen Meßwerten eine Kennlinie mit nahezu frei wählbarer Anzahl von Stützstellen gewonnen werden. Die Zahl der Stützstellen bzw. der Kennlinienpunkte wirkt sich nur auf die Rechenzeit, nicht jedoch auf die Meßzeit aus. Die Rechenzeit ist jedoch kurz gegenüber der Meßzeit.

Durch Veränderung des Massenstrommessers 3 wird dessen Kennlinie so beeinflusst, daß sie an den Stützstellen möglichst genau die Werte der vorgegebenen Kennlinie annimmt. Die Veränderung wird in der Regel durch Trimmen von elektrischen Bauteilen vorgenommen; meist werden Widerstände durch Laserbearbeitung variiert.

Dynamische Effekte beim Durchfahren des Massenstrombereiches sind dann nahezu vollständig kompensiert, wenn Prüfling 3 und Referenz-Massenstrommesser 5 das gleiche dynamische Verhalten zeigen. Dies ist z. B. dann der Fall, wenn Referenz-Massenstrommesser 5 und Prüfling 3 dasselbe Meßverfahren verwenden und auf gleiche Weise hergestellt wurden. Die Referenz-Massenstrommesser 5 können dann aus der normalen Produktion entnommene und unter besonderer Genauigkeit vermessene Massenstrommesser sein.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Prüfen eines Massenstrommessers für einen Gasstrom, bei dem der zu prüfende Massenstrommesser in einem Strömungskanal strömungstechnisch in Reihe mit einem Referenz-Massenstrommesser geschaltet wird, und der im Strömungskanal strömende Gasstrom, der beide Massenstrommesser durchströmt, hinsichtlich des Massenstroms variiert wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Gasstrom durch ein Stellglied so variiert wird, daß unter Verzicht einer Regelung des Massenstroms auf feste Massenstromwerte der Massenstrom im Strömungskanal von einem Anfangswert aus kontinuierlich zu einem Endwert hin verändert wird und zugleich die Meßwerte des zu prüfenden Massenstrommessers zusammen mit den Referenzwerten des Referenz-Massenstrommessers erfaßt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß aus den Meßwerten des zu prüfenden Massenstrommessers und den Referenzwerten des Referenz-Massenstrommessers eine Kennlinie des unkalibrierten Massenstrommessers errechnet wird, die bestimmte durch vorgegebene Massenstromwerte definierte Stützstellen hat.
3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassung der Meßwerte des zu prüfenden Massenstrommessers und der Referenzwerte des Referenz-Massenstrommessers durch Abtastung erfolgt und jeder so erhaltene Meßwert mittels des entsprechenden Referenzwertes einem Massenstromwert zugeordnet wird, wodurch Meßwert/Massenstromwert-Paare erhalten werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßwert/Massenstromwert-Paare durch Interpolation, Extrapolation oder Mittelung in einen Satz gleichverteilter Meßwert/Massenstromwert-Paare

umgewandelt werden, wobei die umgewandelten Paare auf der Skala der Meßwerte gleichverteilt sind.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Umwandlung die Anzahl der Paare verändert wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß um jede Stützstelle herum ein bestimmtes Intervall gewählt wird und aus den in diesem Intervall liegenden Meßwert/Massenstromwert-Paaren mittels einer Kurvenanpassung in diesem Intervall ein Kennlinienpunkt zur Stützstelle berechnet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kurvenanpassung durch ein Polynom gerader Ordnung erfolgt.

8. Verfahren nach Anspruch 8 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Intervallbreite stützstellenabhängig gewählt wird.

9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Änderung des Massenstromes ein exponentielles Ansteigen des Massenstromes vom Anfangswert zum Endwert ist.

10. Verfahren zum Kalibrieren eines Massenstrommessers für einen Gasstrom, bei dem ein unkalibrierter Massenstrommesser geprüft und anschließend der Massenstrommesser auf eine vorgegebene Kennlinie abgeglichen wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Prüfen mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 erfolgt.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß beim Abgleich der unkalibrierte Massenstrommesser so verändert wird, daß die Kennlinie an bestimmten Stützstellen der vorgegebenen Kennlinie gleicht.

12. Fließbank zum Prüfen eines Massenstrommessers (3) für einen Gasstrom mit:

einem Strömungskanal (8),
einem darin angeordneten Referenz-Massenstrommesser (5),

einem Stellglied (6) zum Variieren des Gasstromes im Strömungskanal (8),

einer Aufnahme im Strömungskanal für einen zu prüfenden Massenstrommesser (3) und

einer Steuerung (1) zum Ansteuern des Stellgliedes (6),

dadurch gekennzeichnet, daß der Strömungskanal (8) frei von kritischen Düsen ist und die Steuerung (1) so ausgebildet ist, daß sie mittels des Stellgliedes (6) den Massenstrom von einem Anfangswert hin zu einem Endwert kontinuierlich ändert, und zugleich die Meßwerte des zu prüfenden Massenstrommessers (3) zusammen mit den Referenzwerten des Referenz-Massenstrommessers (5) erfaßt.

13. Fließbank nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Volumen zwischen dem zu prüfenden Massenstrommesser (3) und dem Referenz-Massenstrommesser (5) so gering wie möglich gehalten ist.

14. Fließbank nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß stromauf des zu prüfenden Massenstrommessers (3) und stromauf des Referenz-Massenstrommessers (5) zur Strömungskonditionierung je ein Filter (2, 4) geschaltet ist.

15. Fließbank nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß das dem zu prüfenden Massenstrommesser (3) vorgeschaltete Filter (2) so ausgebildet ist, daß der entstehende Druckverlust minimal ist.

16. Fließbank nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (1) ein

kontinuierliches Ansteigen des Massenstromes vom Anfangswert hin zum Endwert bewirkt.

17. Fließbank nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellglied (6) eine Drosselklappe ist.

5

18. Fließbank nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Referenz-Massenstrommesser (5) dieselben Eigenschaften hinsichtlich instationärem Betrieb aufweist, wie der zu prüfende Massenstrommesser (3).

10

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

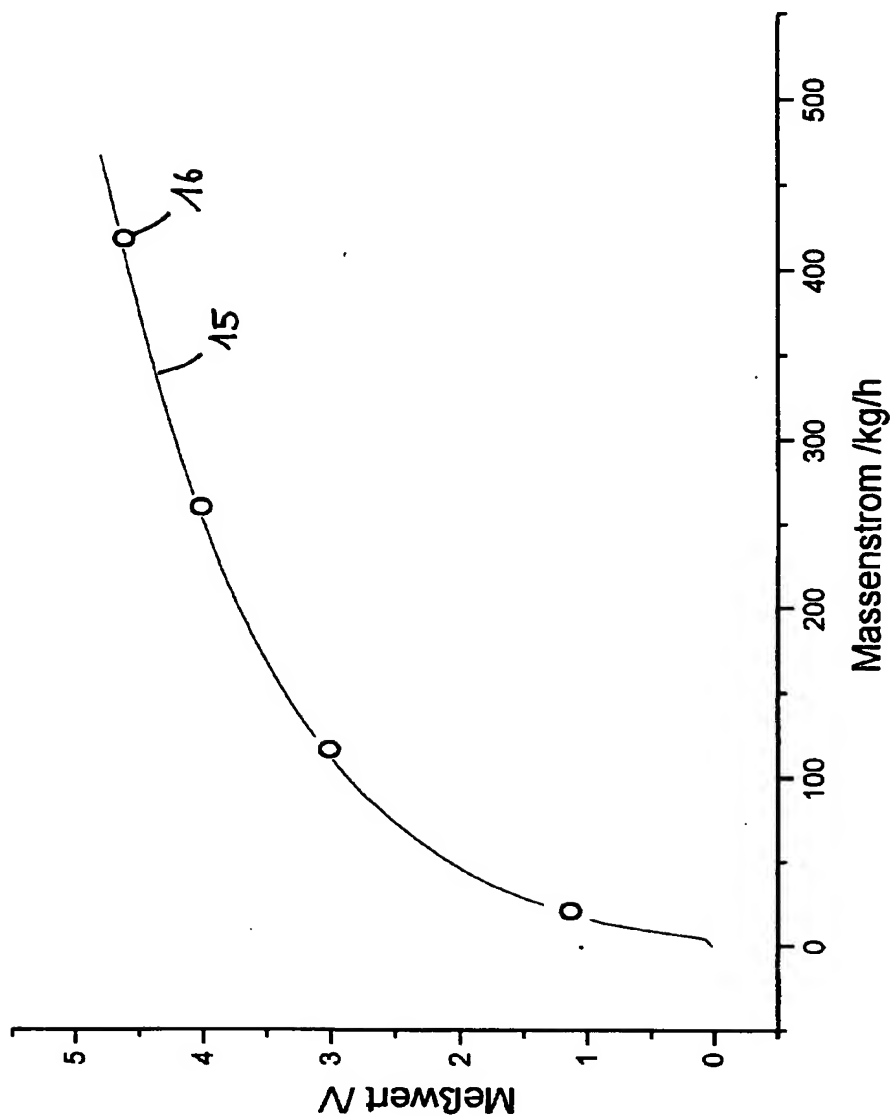


FIG 1

10

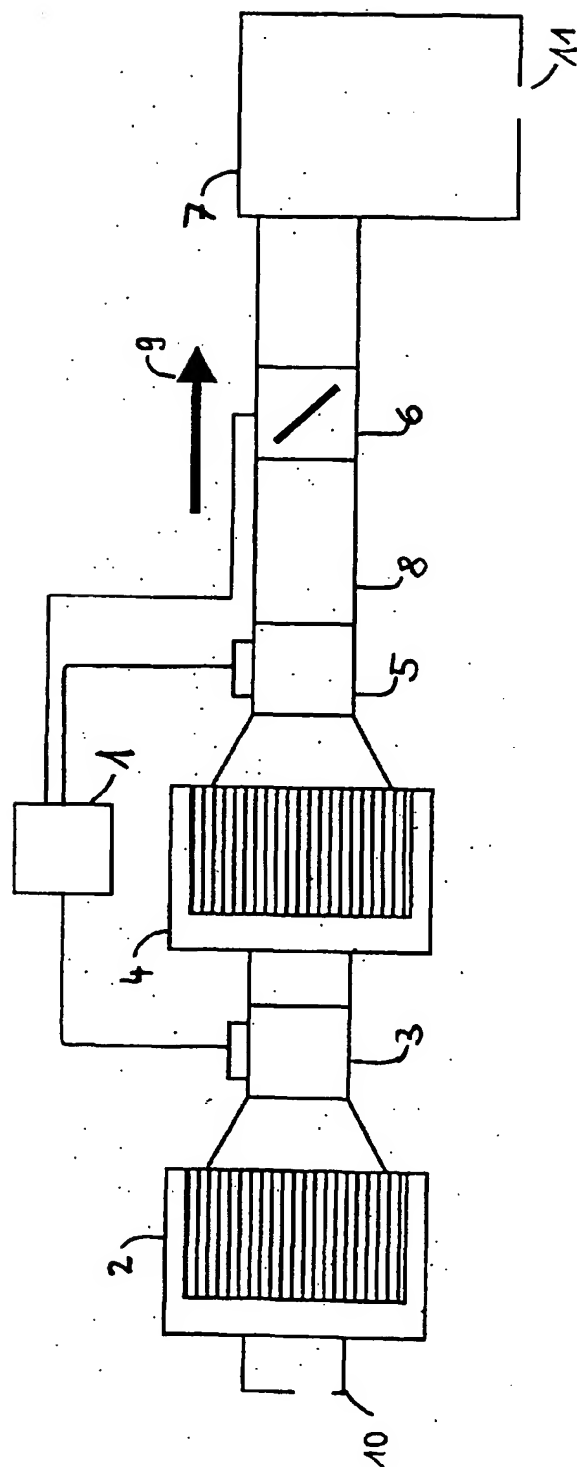


FIG 2

THIS PAGE BLANK (USPTO)